

논문 2009-46SC-4-10

# 각속도 및 광센서를 이용한 헤드 마우스

(Head Mouse System Based on A Gyro and Opto Sensors)

박민제\*, 유재하\*\*, 김수찬\*\*\*

(Minje Park, Jaeha Yoo, and Soochan Kim)

## 요약

본 연구에서는 자동차 사고나 뇌졸중 등에 의해 경추 이하의 마비나 손, 발 등의 움직임이 자유롭지 못한 사람들의 컴퓨터 사용을 돕고자 손이나 발을 이용하지 않고 머리의 움직임과 눈의 깜박임만으로 컴퓨터 마우스 제어가 가능한 장치를 제안하였다. 마우스의 위치는 각속도 센서를 이용하여 머리의 움직임으로 추정하고, 눈 깜박임에 의한 클릭과 더블 클릭은 광센서의 시야를 방해하지 않는 위치에 장착하여 커클위치와 이벤트를 검출하였다. 제안한 마우스의 공간 이동 능력과 이벤트 검출을 비교한 실험에서는 좌우, 상하 이동은 기존 마우스와 비교하여 속도 면에서는 큰 차이는 없었으나, 정확도가 조금 떨어지는 이유로 인하여 정확한 위치로 이동시키는데 소요시간이 3~4배 정도 더 필요하였다. 데드 존을 갖는 비선형 상대 좌표계 방식을 이용하여 주기적으로 적분 에러를 제거해야 하는 문제를 해결하였고, 이동 거리와 속도를 함께 고려하여 직관적인 마우스 포인터 제어가 가능하도록 하였다. 주변광의 영향을 최소화하도록 광원 제어 회로를 설계하여 외부 광원의 변화에도 마우스 이벤트 검출이 영향을 받지 않았다.

## Abstract

We proposed the device to control a computer mouse with only head movements and eye blinks so that disabilities by car or other accidents can use a computer. The mouse position were estimated from a gyro-sensor which can measure head movements, and the mouse events such as click/double click were from opto sensors which can detect the eyes flicker, respectively. The sensor was mounted on the goggle in order not to disturb the visual field. There was no difference in movement speed between ours and a general mouse, but it required 3~4 more times in the result of the experiment to evaluate spatial movements and events detection of the proposed mouse because of the low accuracy. We could eliminate cumbersome work to periodically remove the accumulated error and intuitively control the mouse using non-linear relative point method with dead zones. Optical sensors are used in the event detection circuitry designed to remove the influence of the ambient light changes, therefore it was not affected in the change of external light source.

**Keywords :** Human Computer Interface, eye mouse, gyro sensor, face pose.

## I. 서론

컴퓨터 대중화와 인터넷의 확대는 많은 사회적 변화

\* 정희원, 한경대학교 생물환경·정보통신전문대학원 (Graduate school of Bio & Information Technology, Hankyung National University)

\*\* 정희원, 한경대학교 전자공학과, 전자기술융합연구소 (Hankyong National University of Electronics Engineering),

\*\*\* 평생희원, 한경대학교 생물환경·정보통신전문대학원 (Graduate school of Bio & Information Technology, Hankyung National University), 전자기술융합연구소

※ 이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2007-331-D00596)

접수일자: 2009년3월16일, 수정완료일: 2009년7월3일

를 가져왔다. 과거에는 공간적인 이동이 불편하게 되면 본인의 생활이나 사회생활에 치명적인 결점이 되었지만 정보화 사회로 접어들면서, 사회와 손쉽게 접촉할 수 있는 통로의 역할을 컴퓨터와 인터넷이 제공하게 되었다. 키보드 중심의 컴퓨터 입력 방식에서 지금은 GUI (Graphic User Interface)의 발전으로 키보드를 사용하지 않고서 마우스 조작만으로도 컴퓨터 사용이 가능할 정도이다. 이러한 기술 발전은 정상인들뿐만 아니라 거동이 불편한 장애인들에게는 더욱 유용하다. 그러나 상지, 하지의 활동이 원활할 경우는 큰 어려움이 없으나 중증 장애자의 경우는 혼자 힘으로 컴퓨터를 통한 사회와의 접촉이 여전히 쉽지 않다. 뿐만 아니라, 교통사고

나 뇌졸중으로 인하여 전신 마비가 되었을 경우 특별한 컴퓨터 인터페이스 장치가 요구된다. 이러한 적절한 장비는 사지마비 장애인들이 컴퓨터를 통한 인터넷 및 기기 사용의 편리를 제공함으로써 새로운 지식의 습득과 사회와의 대화 창구를 제공해 줄 수 있을 뿐만 아니라 쇼핑이나 게임에서부터 업무까지 다양한 작업을 집이나 병원이라는 고정된 자리에서 가능하도록 도와준다<sup>[1-3]</sup>.

사지 마비 장애인들이 편리하게 컴퓨터를 조작하기 위해서는 손이나 발이 아닌 움직임이 가능한 목 이상의 부위를 사용한 인터페이스가 제공되어야 한다. 이와 관련된 인터페이스 방식으로는 기울기 센서(tilt sensor), 각속도 센서(gyro sensor, inclinometer), 가속도 센서(accelerometer), 광, 영상, 자기장 센서, 그리고 초음파 등을 이용하여 머리 움직임을 감지하거나 혀의 움직임을 감지하는 직접적인 방법과 생체 전기 신호라 불리는 뇌파(Electroencephalograph, EEG), 안전도(Electrooculargraph, EOG), 근전도(Electromyography, EMG) 등을 이용하는 간접적인 방법이 있다<sup>[4-7]</sup>.

Chen 등의 연구에서는 기울기 센서를 이용하여 조이스틱과 같이 방향성 정보만을 얻어 상대적 좌표 제어(relative pointing method) 방식으로 안정적인 이동은 가능하였으나 마우스의 이동 속도 제어는 수행하지 않아 빠른 응답 시간을 기대하기는 어려웠다. 이벤트 처리는 sip & puff 스위치를 사용하여 클릭(click), 더블 클릭(double click), 드래그(drag)가 가능하였다<sup>[2]</sup>. 엄광문 등은 각속도 센서 하나만을 이용하여 머리 움직임으로부터 마우스 이동과 이벤트를 구현하는 연구를 하였으나 더블 클릭과 드래그 기능의 구현은 하지 않았고, 머리 움직임이 원활치 못하거나 누워서 사용할 경우에는 적합하지 않다<sup>[3]</sup>. 이러한 연구 성과를 기반으로 현재 출시되고 있는 것들로는 GyroTrack, DynaSight Sensor, Cymouse 등과 같은 제품들이 있으나 대부분 마우스 포인터 이동만을 지원하며 이벤트의 경우 별도의 스위치를 사용하는 경우가 많다<sup>[3, 8]</sup>. 영상을 이용한 방법으로는 사용자의 얼굴 영상만을 이용하여 마우스 포인터의 이동 및 클릭을 구현하는 Camera mouse와 EyeKeys와 같은 방법도 있으나 반응 속도가 기존 마우스에 비해서 느리고, 정확도와 정밀도가 낮다<sup>[9-10]</sup>. HeadMouse® Extreme, TrackIR, DynaSight 등의 제품은 사용자 머리 주변에 하나 또는 3개의 표식기를 부착하고 추가적인 적외선 광원을 사용하여 마우스 포인터를 제어하는 것으로 게임 사용자에게도 널리 이용되고

있다<sup>[11-14]</sup>. 그러나 마우스 이벤트 처리를 위해 추가적인 장치가 요구된다.

생체 전위를 이용한 안전도의 경우 안구 이동에 따른 마우스 이동은 손쉽게 구현이 되지만 전극을 부착하는 번거로움과 직류 드리프트로 인한 오차가 문제가 된다<sup>[1, 15]</sup>. Jeong 등은 마우스 포인터 조작에 입 주변의 근전도를 이마 부근에서 획득하고 분석하여 상대적 포인팅 방법으로 마우스 조작이 가능한 HCI(Human Computer Interface)를 개발하였으나, 자연스러운 마우스 포인터 이동이나 빠른 응답이 요구되는 반응에는 부적절하다<sup>[16]</sup>. 뇌파를 이용한 연구도 있으나 머리조차도 움직일 수 없는 경우에 최후의 방법으로 사용되며 사용자의 집중도가 높아야 하고 상대적으로 다른 방법에 비하여 정확도, 정밀도, 그리고 직관성이 떨어진다<sup>[17-18]</sup>.

음성의 경우 마이크만 있으면 되기 때문에 하드웨어 구성은 간단하다. 특히 노트북의 경우 마이크가 내장되어 별도의 추가 장치 없이 사용가능 할 뿐만 아니라 마이크로소프트사의 윈도우를 사용할 경우에는 OS 자체에서 음성을 인식하여 문자로 변환해 주는 기능이 제공되어 문자 입력 방법으로는 편리하다<sup>[19]</sup>. 그러나 앞의 방법들에 비하여 반응 속도가 상대적으로 늦고, 정밀한 이동 제어, 장시간 사용, 그리고 대화와 동시에 사용하기에는 적합하지 않다. 특히 음악이나 게임 등의 소리를 스피커를 통해서 듣게 될 경우 인식률이 떨어질 수 있다.

지금까지의 장점과 단점을 분석한 결과 생체 신호보다는 움직임을 감지하는 기울기나 각속도 센서를 이용하는 것이 효과적이며, 이벤트를 위한 센서는 sip & puff와 같이 입에 직접 무는 형태는 위생상 문제가 있어 비접촉식이 용이하다는 것을 알 수 있다. 본 논문에서는 머리 움직임만 가능한 사용자를 위하여 반복사용에도 쉽게 피로하지 않고 반응속도와 오입력/오동작이 적고, 시스템 가격이 저렴한 조건을 만족하는 컴퓨터 마우스를 제안하고자 한다. 포인터 제어를 위해서는 머리 움직임에 대한 반응을 가속도 센서와 각속도 센서를 실험을 통해 비교하여 보다 적합한 것을 선택하였고, 마우스 이벤트는 눈 깜빡임을 광센서로부터 측정하여 클릭, 더블 클릭을 추정하였다. 제안한 시스템의 성능은 마우스 이동, 이벤트, 그리고 이 둘을 종합하여 기존 마우스와 직접적으로 비교하였다.

## II. 실험 방법

### 2.1. 마우스 움직임 검출을 위한 센서의 선택

머리 움직임을 측정하기 위해 사용되는 대표적인 센서로는 가속도 센서, 각속도 센서, 기울기 센서, 디지털 각도계가 있다<sup>[2-3, 8, 20]</sup>. 이 중에서 가속도 센서와 각속도 센서에 대하여 그림 1과 같은 머리 움직임에 대한 방향을 잘 반영하는지 살펴보았다. 실험에 사용한 가속도 센서 및 각속도 센서는 각각 freescale사의 MMA6260Q, Murata사의 ENV05G이다. 기울기 센서는 각속도를 적분하면 얻어낼 수 있으므로 실험에서는 제외하였고, 디지털 각도계의 경우 아직은 고가이며 주변 자력에 영향을 받을 수 있기 때문에 제외하였다.

가속도 센서의 경우, 정수리에 부착하게 되면 머리의 회전과 센서의 회전 축이 일치하기 때문에 그림 1과 같이 yaw 동작(Z축)에 대한 가속도 크기는 크지 않다. 그러므로 센서의 부착 위치는 정수리 보다 이마가 적합하여 이마에 위치시켰다.

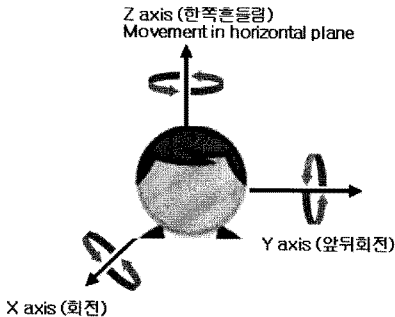


그림 1. 머리 움직임과 관련된 roll, pitch, 그리고 yaw 동작에 대한 정의

Fig. 1. Definition of roll, pitch, and yaw movements related to head movements

### 2.2. 각속도 센서를 이용한 각도 검출

각속도 센서로부터 머리의 움직임에 대한 정보를 얻을 수 있으나 이로부터 마우스를 제어하기 위해서는 추가적인 후처리 과정이 필요하다. 일반 마우스의 경우와 같이 움직임에 따른 정보로부터 픽셀 정보로 변환하여 이를 컴퓨터에게 알려줘야 한다. 픽셀 정보를 알리는 방법으로 테이블릿과 같은 절대 좌표(absolute coordinate) 방법과 일반적인 마우스와 같이 현재 위치에서 움직임 정도에 따라서 픽셀 값이 이동하는 상대 좌표(relative coordinate) 방법이 있다.

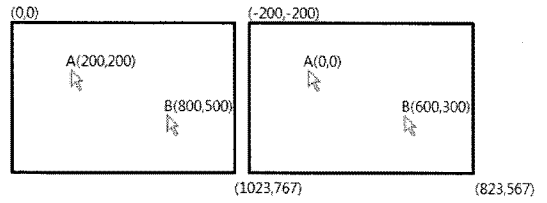


그림 2. 절대 좌표 방식(좌)와 상대 좌표 방식(우)  
Fig. 2. Absolute coordinate method (left) and relative coordinate method (right).

그림 2와 같이 절대 좌표법에서 좌상을 (0, 0), 우하를 (1023, 767)로 가정하면, 프로그램이 구동 되는 동안 그 좌표 축의 변화는 없다. 마우스가 A지점에 오게 되면 그 좌표 값은 언제나 (200, 200), B 지점은 (800, 500)이 된다. 이에 반하여 상대 좌표법에서는 커서가 현재 있는 곳이 (0, 0)이 된다. 그림 2에서와 같이 현 커서가 절대 좌표법을 기준으로 (200, 200)에 있더라도 이 좌표 값이 (0, 0)이 된다. A 지점에서 (600, 300) 만큼 커서가 이동하여 B 지점에 도달하면, 그 순간 B 지점이 다시 (0, 0)가 되어 다음 입력에 따라 마우스의 이동이 이루어진다. 절대 좌표법에서 가질 수 있는 좌표 범위는 현 해상도에서는 (0~1023, 0~767)로 고정되지만, 상대 좌표계의 경우, 현 커서의 위치에 따라서 좌표 범위는 (-1023~1023, -767~767)내에서 가변된다.

각속도 센서의 출력은 초당 움직이는 각도이므로 적분 과정을 통해 각도 정보를 얻을 수 있다. 그러나 이 과정에서 그림 3과 같이 미세한 직류 오프셋(offset)이나 노이즈 마진에 따른 오차 등도 함께 적분되므로 머리의 응시 방향이 처음으로 되돌아오더라도 적분 값이 0이 되지 않아 마우스 포인터가 처음 시작점으로 돌아오지 않는다<sup>[3]</sup>.

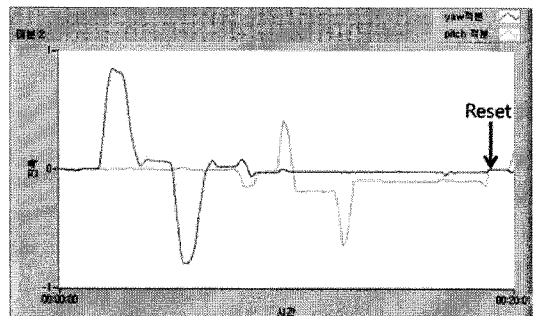


그림 3. 자이로 센서로부터 얻은 각속도를 적분하여 얻은 위치 정보

Fig. 3. Position information Rotation degree obtained from integration of angular velocity from an accelerometer.

언급한 문제점을 해결하는 방법으로 인위적으로 적분 에러를 초기화(reset)하여 없앨 수 있으나 추가적인 이벤트가 요구되므로 불편하다<sup>[14]</sup>. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 Evans 등과 같은 절대 좌표 방법 대신 상대 좌표 방법을 이용하였고, 선형적인 적분대신 데드 존을 갖는 지수 함수를 사용한 비선형 적분을 통하여 자연스러운 마우스 이동을 가능하도록 하였다.

1. 데드 존 (dead zone): 머리가 움직이지 않더라도 가속도 센서의 노이즈 마진으로 인한 미세한 변화(마우스 포인터 떨림)가 발생되는데, 이를 제거하기 위하여 데드 존을 설정하였다.

2. 커서 이동: 노이즈 마진 편차 이상의 신호가 발생하면 10x의 지수 함수를 이용하여 작은 움직임에 대해서는 미세하게, 큰 움직임에 대해서는 더욱 크게 마우스 포인터를 이동시켜 정확도 및 정밀도를 높였다.

2.3. 마우스 이벤트 구현을 위한 광센서

마우스 이벤트로는 클릭, 더블 클릭 그리고 드래그로 나누어 볼 수 있으나, 여기서는 클릭과 더블 클릭만을 구현하였다. 각 이벤트를 검출하는 방법으로 적외선 센서를 이용하였다. 파장대역이 880nm인 적외선 광원(SFH485P)과 광센서(ST3311)를 사용하여 눈 깜박임으로 인한 반사광의 변화를 활용하였다<sup>[14]</sup>.

광센서를 이용할 경우 형광등이나 주변 스탠드, 심지어는 화면 모니터 밝기 변화에 의해서 영향을 많이 받으므로 이것에 대한 해결책이 필요하다. 이를 위해 발광부의 광원을 주기적으로 on/off 시켜 광원이 off되었을 때의 수신부의 출력(주변광에 의한 출력)과 on 되었을 때의 출력(주변광 + 광원)의 차이를 이용하여 주변광에 대한 영향을 최소화시켰다. 그림 4에서와 같이 주기적인

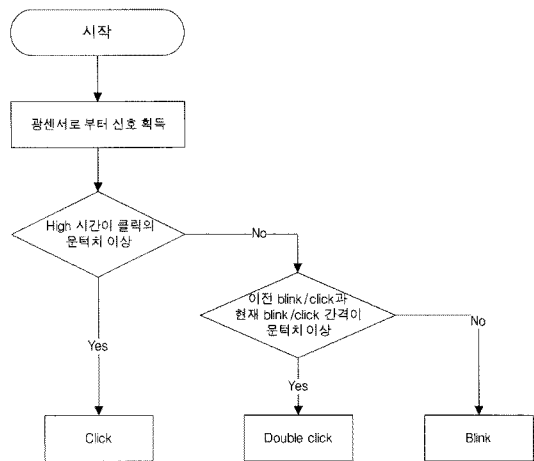


그림 5. 광센서로부터의 마우스 이벤트 검출 방법  
Fig. 5. Event detection algorithm from an opto sensor.

on/off 출력은 U2 (MAX4051, Maxim)에 의해서 분리되고, 분리된 각각의 신호는 저역 통과 필터와 차동 증폭기(U2)를 통해서 눈꺼풀에 의한 신호 변화를 감지한다.

그림 5는 그림 4의 하드웨어를 거쳐서 검출된 신호로부터 마우스 이벤트를 구별하는 방법을 설명하고 있다.

2.4. 시스템 평가

데이터 획득은 전용 데이터 획득 보드(USB-6009, National Instruments, USA)를 통해 각속도 센서의 출력 2 채널(상하, 좌우)과 광센서의 출력 1채널의 정보가 PC로 전송되며 PC에서 LabVIEW (Ver 8.2, National Instruments, USA)를 사용하여 제한한 방법으로 마우스 이동 추정 및 이벤트를 검출하고, 얻어진 마우스 위치 및 이벤트에 대한 정보는 API 함수를 호출하여 윈도우 운영체계에 전달하였다.

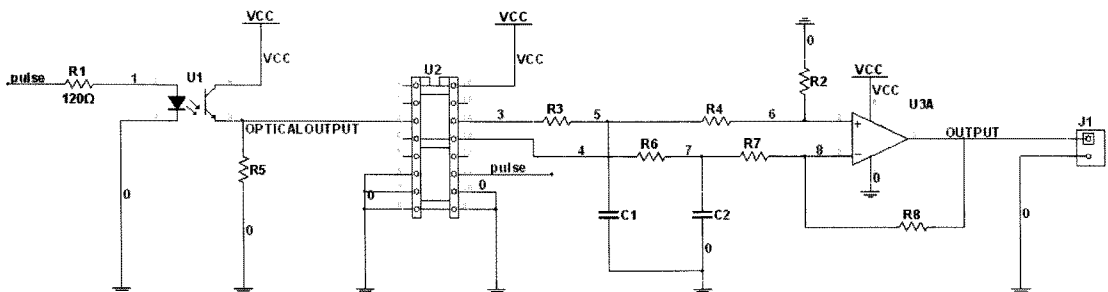


그림 4. 마우스 이벤트 검출을 위한 광 감지 회로  
Fig. 4. Light sensing circuit to detect mouse events.

### III. 실험결과 및 고찰

#### 3.1. 센서의 종류에 따른 출력 특성

그림 6과 7은 이마에 가속도 센서와 각속도 센서를 동시에 부착하여 yaw와 pitch 동작을 관찰하였다. 신호 구별을 위해 그림에서는 Y축의 가속도 센서는 + 음색을 X축 센서는 - 음색을 추가하여 그렸다. 각속도 센서의 경우 yaw와 pitch 동작을 잘 감지하는 것에 반하여 가속도 센서의 경우 감지 감도가 좋지 않았다.

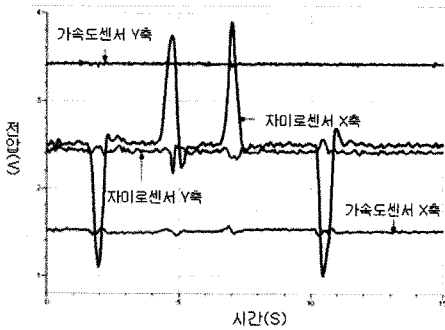


그림 6. 머리를 좌우로 yaw 동작을 할 때 각속도 센서와 가속도 센서의 출력 비교

Fig. 6. Comparison between an accelerometer and a gyro sensor during yaw movements.

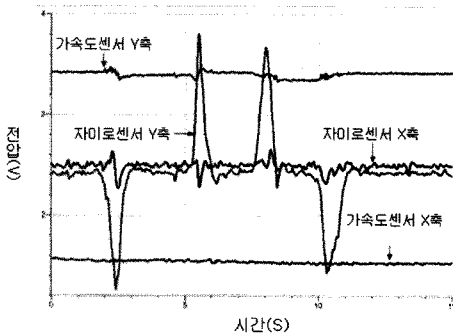


그림 7. 머리를 상하로 pitch 동작을 할 때 각속도 센서와 가속도 센서의 출력 비교

Fig. 7. Comparison between an accelerometer and a gyro sensor during pitch movements.

#### 3.2. 마우스 이동 평가

마우스 이동 평가에는 이동 속도, 정확도, 그리고 이동의 정밀성 등을 모두 고려해야 한다. 평가에 참여한 사람은 총 10명으로 매 실험에 대하여 3회 반복하였다. 이동 속도 평가를 위해서 그림 8과 같이 화면에 5개의

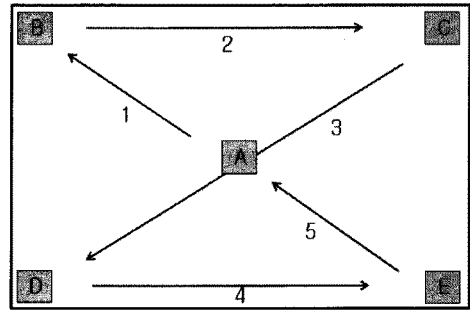


그림 8. 모니터의 응시점

Fig. 8. Gaze movements on a monitor.

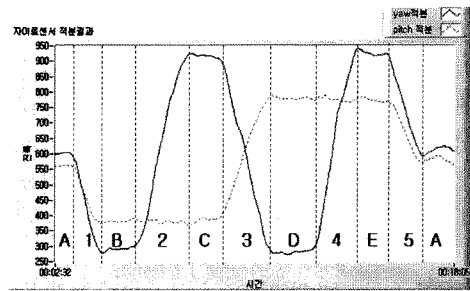


그림 9. 각속도 센서의 이동에 따른 적분결과

Fig. 9. Integration results according to the output of a gyro sensor.

포인터를 설정하여 A 지점을 시작으로 B->C->D->E 각 포인트를 거쳐 이동하여 다시 A 지점으로 올 때까지의 시간을 측정하였다. 모니터의 좌측 상을 0,0으로, 우측 하를 1279x1023로 설정하였다. 그림 9의 실선은 yaw 동작에 의한 가로축의 이동을 의미하며, 점선은 pitch 운동에 의한 세로축의 이동을 의미한다. A에서 시작하여 B 지점으로 갈 때는 양신호 모두가 감소하며 B에서 C 지점은 yaw 데이터만 증가하고, pitch 데이터는 고정되어 있는 것을 확인할 수 있었고, C지점에서 D 지점으로 이동에서는 pitch는 증가하고, yaw는 감소함을 볼 수 있었다. A에서 시작하여 다시 A로 오는데 걸리는 시간은 일반 마우스와 제안한 방법은 각각  $4.3 \pm 0.5 \text{sec}$ 와  $6.9 \pm 0.5 \text{sec}$ 로 큰 차이는 없었다.

#### 3.3. 광센서의 주변광에 의한 영향

일반적인 DC 광원을 이용하였을 경우에는 그림 10과 같이 외부 광원이 켜지고, 꺼짐에 따라 광센서의 출력에 영향을 미친다. 그러나 그림 4와 같이 제안한 방법을 이용할 경우 그림 11에서와 같이 외부 광원의 영향을 완벽하게 제거할 수 있음을 보여준다. 눈을 뜨고 있

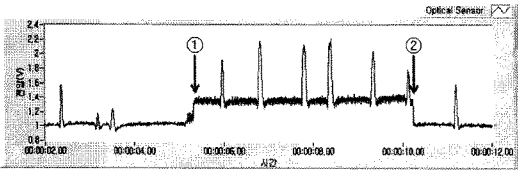


그림 10. DC 광원을 이용한 광센서 출력  
Fig. 10. Output of a light sensor using DC a light source.

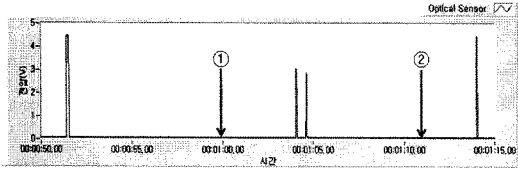


그림 11. 제안한 방법을 사용하였을 때의 광센서 출력  
Fig. 11. Output using the proposed method.

을 경우에 출력 전압은 낮고, 눈을 감게 되어 광센서의 거리가 줄어들수록 출력 신호는 높아진다. 각 그림에서 ①지점이 스탠드를 컷을 때이고, ②지점이 스탠드를 컷을 때이다.

### 3.4. 광센서를 통한 이벤트 검출

자연스러운 눈 깜박임은 0.08~0.12sec였고, 더블 클릭을 위해 가능한 빨리 눈 깜박임을 2번 연속 하도록 하여 얻어진 시간은 0.2~0.4sec였다. 이것을 기반으로 하여 센서의 출력이 2.5V 이상으로 유지되고 있는 시간이 0.15sec 이상이면 의도한 눈 깜박임으로 판단하여 이를 클릭으로 판단하고, 자연스러운 눈 깜박임이나 클릭의 발생 시간 간격이 0.2~0.4sec 사이 일 경우에는 더블 클릭으로 판단하였다.

### 3.5. 시스템 성능 평가

50픽셀의 정사각형을 화면의 임의의 위치에 나타나도록 구성하고 클릭을 하면 다시 임의의 위치로 이동하도록 하여 사각형을 20회 클릭을 시도하는 동안 인식률을 확인해 보았다. 광 마우스는 17.3±3.0sec, 제안한 마우스는 47.4±5.0sec로 평균 광 마우스보다는 2.8배 정도의 시간이 더 소요되었다. 대부분 광 마우스에는 익숙해 있다는 사실을 감안한다면 제안한 마우스의 반응 속도는 머리의 움직임과 안구의 깜박임 만을 이용한 것이므로 만족할 만한 수준으로 사료된다.

또 다른 실험은 윈도우에서 제공하는 화상 키보드를 이용해서 진행하였다. 테스트에 사용된 문장은 영문으

로 “This is a new head mouse.”로 화이트스페이스(white space)를 포함하여 25자를 입력하는데 소요된 시간을 측정해 보았다. 기존 마우스의 경우 17.2±1.6sec였고, 제안한 헤드 마우스는 71.1±27.7sec로 4.1배 정도였다. 앞의 클릭 실험보다 시간이 좀 더 소요된 이유는 화상 키보드의 각 키의 크기가 20회 반복 실험에 사용한 사각형의 크기보다 더 작았기 때문으로 사용자가 정밀한 제어에는 아직 익숙하지 않아 어려움이 있었다.

## IV. 결 론

가속도 센서와 각속도 센서를 비교해 본 결과 가속도 센서보다 각속도 센서가 머리의 pitch, yaw, roll 동작에 대해 뛰어난 반응을 보임을 확인할 수 있었다. 그러므로 각속도 센서와 광센서를 사용하여 머리 움직임과 눈 깜박임으로부터 마우스를 제어하는 장치를 제안하였다. 제안한 마우스의 공간 이동 능력과 이벤트 검출을 비교한 실험에서는 좌우, 상하 이동은 기존 마우스와 비교하여 속도 면에서는 큰 차이는 없었으나, 정확도가 조금 떨어지는 이유로 인하여 정확한 위치로 이동시키는데 소요시간이 3~4배 정도 더 필요하였다.

비선형 상대 좌표계 방식을 이용하여 주기적으로 적분 에러를 제거해야 하는 문제를 해결하였고, 이동 거리와 속도를 함께 고려하여 직관적인 마우스 포인터 제어가 가능하도록 하였다. 이벤트 검출에서 사용하는 광센서회로에는 주변광의 영향을 제거하도록 설계하여 외부 광원의 변화가 심한 곳에서도 이벤트 검출의 오동작을 줄일 수 있었다.

그러나 여전히 제안한 시스템은 탈, 장착을 해야 하는 시스템으로 초기 장착을 위해서는 다른 사람의 도움을 받아야 한다는 문제점은 여전히 갖고 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 안용식, 자이로 센서와 인공신경망을 이용한 장애인용 컴퓨터 인터페이스, 의공학협동과정, 2006, 건국대학교.
- [2] Yu-Luen, C., Application of tilt sensors in human-computer mouse interface for people with disabilities. Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on, 2001. 9(3): p. 289-294.
- [3] Gwangmoon Eom, et al., Gyro-Mouse for the

- Disabled: 'Click' and 'Position'Control of the Mouse Cursor. International Journal of Control, Automation, and Systems, 2007. 5(2): p. 147-154.
- [4] 김종성 등., 생체신호 기반 사용자 인터페이스 기술. 전자통신동향분석, 2005. 20(4).
- [5] Kumar, D. and E. Poole. Classification of EOG for human computer interface. in [Engineering in Medicine and Biology, 2002. 24th Annual Conference and the Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society] EMBS/BMES Conference, 2002. Proceedings of the Second Joint. 2002.
- [6] Kwon, S.H., et al., Kim. EOG-based glasses-type wireless mouse for the disabled. in [Engineering in Medicine and Biology, 1999. 21st Annual Conf. and the 1999 Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Soc.] BMES/EMBS Conference, 1999. Proceedings of the First Joint. 1999.
- [7] Barea, R., et al., System for assisted mobility using eye movements based on electrooculography. Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on, 2002. 10(4): p. 209-218.
- [8] Virtual Realities, I. GyroTrack. [cited: Available from: <http://www.vrealities.com/gyrotrack.html>].
- [9] 주진선 등., 다중 얼굴 특징 추적을 이용한 복지형 인터페이스. Welfare Interface using Multiple Facial Features Tracking, 2008. 45(1): p. 75-83.
- [10] Magee, J.J., et al., A Human-Computer Interface Using Symmetry Between Eyes to Detect Gaze Direction. Systems, Man and Cybernetics, Part A, IEEE Transactions on, 2008. 38(6): p. 1-1261.
- [11] Track, F. Free Track. [cited: Available from: <http://www.free-track.net/>]
- [12] Virtual Realities, I. Head tracker. [cited: Available from: <http://www.vrealities.com/headtrackers.html>].
- [13] Instruments, O. HeadMouse® Extreme. [cited: Available from: <http://www.orin.com/access/headmouse/>]
- [14] Evans, D.G., et al., Controlling mouse pointer position using an infrared head-operated joystick. Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on, 2000. 8(1): p. 107-117.
- [15] Kazuo Kawasaki, et al., Automated measurement of the electro-oculogram for clinical use. Documenta Ophthalmologica, 1987. 66(1): p. 85-94.
- [16] Jeong, H., J.-S. Kim, and J.-S. Choi, A Study of an EMG-controlled HCI Method by Clenching Teeth, in Computer Human Interaction. 2004. p. 163-170.
- [17] Keim, Z.A. and J.I. Aunon, Man-machine communications through brain-wave processing. Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE, 1990. 9(1): p. 55-57.
- [18] Schalk, G., et al., BCI2000: a general-purpose brain-computer interface (BCI) system. Biomedical Engineering, IEEE Transactions on, 2004. 51(6): p. 1034-1043.
- [19] Adjouadi, M., et al., A Real-Time Voice Controlled Human Computer Interface to Help Persons with Motor Disability, in Computers Helping People with Special Needs. 2004. p. 804-812.
- [20] Youngwook, Kim, Development of headset-type computer mouse using gyro sensors for the handicapped. Electronics Letters, 2002. 38(22): p. 1313-1314.

---

 저 자 소개
 

---



박민제(정회원)

2008년 환경대학교 전자공학과 (공학사)

2008년~현재 환경대학교 생물환경·정보통신전문 대학원 정보통신전공 석사 과정

&lt;주관심분야: 생체신호 계측 및 분석 등&gt;



유재하(평생회원)

1990년 연세대학교 전자공학과 (공학사)

1992년 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1996년 연세대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1996년~2002년 LG전자 Digital Media 연구소 책임연구원

2002년~현재 국립환경대학교 전자공학과 조교수, 부교수

&lt;주관심분야: 적응신호처리 응용 등&gt;



김수찬(평생회원)-교신전자

1994년 인제대학교 의용공학과 (공학사)

1998년 연세대학교 대학원 생체 공학협동과정(공학석사)

2003년 연세대학교 대학원 생체 공학협동과정(공학박사)

2003년~2004년 Rensselaer Polytechnic Institute (Post Doc.)

2008년 KETI 위촉연구원

2004년~현재 환경대학교 생물환경·정보통신전문 대학원 전임강사, 조교수

&lt;주관심분야: 생체신호 계측 및 분석, HCI 등&gt;